# EXAMEN SCIENTIFIQUE D'UNE ÉTUDE SUR LES MOLLUSQUES BIVALVES ÉLEVÉS EN CAGE AVANT LES TRAVAUX DE CONSTRUCTION POUR LE MARINE BASELINE MONITORING PROGRAM DANS LE PORT DE SYDNEY (NOUVELLE-ÉCOSSE)

## Contexte

À la fin du mois de décembre 2009, la Direction de l'évaluation environnementale et des grands projets (DEEGP) de la Direction des océans, de l'habitat et des espèces en péril de la Région des Maritimes a demandé au secteur des Sciences de la Région des Maritimes du MPO de procéder à l'examen d'un document intitulé *Marine Baseline Monitoring Program for Preconstruction Caged Bivalve Study*. La DEEGP a demandé l'avis de la section des Sciences du MPO sur le rapport en ce qui a trait aux deux questions suivantes :

i) Le programme de suivi des effets sur l'environnement (SEE) a-t-il l'efficacité voulue pour identifier tout effet négatif potentiel sur l'environnement du projet de restauration des étangs de goudron et des sites de fours à coke de Sydney?
ii) Les résultats du SEE confirment-ils que le projet de restauration des étangs de goudron et des sites de fours à coke de Sydney n'aura aucun effet négatif significatif sur l'environnement dans le port de Sydney?

Cette information sera utilisée pour améliorer le programme de SEE ou pour ajuster les mesures d'atténuation, afin que l'on puisse s'assurer que les objectifs de protection environnementale sont atteints. On a demandé qu'une réponse soit donnée dans un délai de quelques semaines. Étant donné le peu de temps consacré à l'examen, on a utilisé le Processus spécial de réponse des Sciences du MPO.

## Renseignements de base

Le 1er octobre 2007, après un examen en commission mené en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale* (LCEE), le gouvernement du Canada a autorisé la mise en œuvre du projet de restauration des étangs de goudron et des sites de fours à coke de Sydney. Dans la recommandation 19 de son rapport, la commission recommande que TPSGC (Travaux publics et Services gouvernementaux Canada), en consultation avec RNCan (Ressources naturelles Canada), le MPO, Environnement Canada et la Sydney Tar Ponds Agency, conçoive un programme de suivi à long terme pour documenter les améliorations de la qualité de l'environnement dans le port de Sydney, et que le MPO assure la direction du suivi à long terme. Comme l'a déclaré le gouvernement du Canada dans sa réponse au rapport de la commission, le MPO n'assumera pas la direction, mais constitue un joueur clé dans l'examen du programme de SEE.

En 2008, la Sydney Tar Ponds Agency a lancé un programme de suivi des effets sur l'environnement (SEE) pour le port de Sydney, avec comme objectif global la mesure des conditions de base (avant la construction) pour les eaux réceptrices du ruisseau Muggah. Le but de la présente étude de base est de réaliser des tests biologiques sur les mollusques

bivalves élevés en cage avant les travaux de construction dans le cadre du programme de SEE marin.

## Réponse

En général, le programme d'échantillonnage est bien conçu et le rapport de l'étude fournit de bonnes données de base pour la future surveillance. Un certain nombre d'améliorations pourraient toutefois être apportées au rapport.

Lieux de surveillance

Le mandat exigeait que neuf sites de surveillance soient choisis : trois sites proches du lieu des travaux (zone 1), trois sites moyennement proches du lieu des travaux (zone 2), deux sites éloignés du lieu des travaux (zone 3) et un site proche de l'embouchure de la rivière Sydney (zone 4). Bien que l'on ait utilisé neuf sites pour l'étude, l'emplacement des cages est considéré comme étant moins qu'optimal dans plusieurs zones. Dans la zone 1, les sites sont placés le long du rivage ouest du bras sud. À cause de leur emplacement, les sites de la zone 1 peuvent ne pas se trouver près de l'endroit des travaux, comme ils devaient l'être. Les sites auraient dû se trouver dans le ruisseau Muggah et à quelques mètres du bras sud. Dans la zone 2, on retrouve deux sites plutôt que trois, comme le mandat l'indiquait. Le site 5 devrait être intégré comme un site moyennement proche dans la zone 2, et un site devrait être placé sur le rivage sud-est, au nord de l'embouchure du ruisseau Muggah. Les sites de la zone 3 sont proches les uns des autres et ils offrent un aperçu restreint de l'absorption des contaminants par les moules. Dans la zone 4, il aurait fallu placer un site sur le rivage est, plutôt que de placer deux sites dans la partie ouest du bras.

L'emplacement des sites de construction et des sites de rejet des effluents n'est pas indiqué sur la carte (figure 2.1) dans le rapport. De plus, la direction des courants dans le port de Sydney n'est pas indiquée sur la carte, ni décrite dans le texte. Ces paramètres jouent un rôle dans le transport des effluents jusqu'aux moules élevées en cage et peuvent faciliter l'interprétation des résultats de l'étude. Il serait utile d'inclure la justification de l'emplacement des sites dans les futurs rapports.

Surveillance des moules

Il y a deux différentes espèces de *Mytilus* dans les eaux de la Nouvelle-Écosse. Ces deux espèces ont une apparence similaire et cohabitent souvent. La coquille de *M. trossulus* est plus pâle et plus longue que celle de *M. edulis*, ce qui a une incidence sur l'utilisation de la longueur de la coquille comme covariable et sur la mesure des besoins en énergie pour la croissance du coquillage. Une description des méthodes d'identification des espèces utilisées pour sélectionner les moules aux fins de l'étude serait utile dans les futurs rapports.

Le suivi de moules élevées en cage dans le port de Sydney est l'approche de surveillance qui a été choisie pour l'étude. Ainsi, les valeurs de référence de la population, comme le rapport des sexes et la composition en espèces (*M. edulis*, *M. trossulus* et triploïdes) de la population naturelle de l'aire d'étude, n'ont pas pu être déterminées.

Bien que les auteurs de l'étude aient entrepris d'analyser les contaminants dans les échantillons d'automne et de printemps, seulement deux réplicats par cage ont été analysés. Le mandat indiquait que trois réplicats (échantillons composites de dix moules chacun) étaient requis pour chaque station. L'analyse statistique des contaminants par station et par saison n'était pas

appropriée, et seules les analyses basées sur la zone ont pu être effectuées. Étant donné les différences entre les stations pour ce qui est du facteur de condition (FC), de l'indice gonadosomatique (IGS) et du nombre d'œufs, il faudrait envisager l'analyse de trois échantillons par station pour la surveillance future.

Il est important de noter que l'état reproducteur des moules influe sur leur poids. Toute mesure de l'état reproducteur variera au cours des saisons avec le développement et la libération des gamètes. Comme les gamètes constituent une proportion variable du poids corporel des moules adultes, le facteur de condition variera selon les saisons avec le développement des gamètes. Contrairement aux données de novembre 2008, les données de mai 2009 ont été classées selon le sexe (les moules étant suffisamment matures pour que leur sexe puisse être déterminé à ce moment de l'année) et elles indiquent l'importance des différences selon la saison et le sexe dans l'analyse des facteurs de condition.

Analyse statistique

Des méthodes d'analyse statistique plus appropriées auraient pu être utilisées tout au long du présent rapport. La plupart des variables ont subi une transformation log10 pour respecter les hypothèses de normalité et d'homogénéité des variances. Cette transformation des données rend la relation cubique linéaire; il existe cependant des méthodes qui permettraient l'analyse des données brutes, comme prévu. Une des méthodes à envisager est celle des modèles linéaires généralisés. Ces modèles n'exigent pas de données normalement distribuées ni l'homogénéité des variances et peuvent, par conséquent, être utilisés pour l'analyse d'ensembles de données qui ne respectent pas ces hypothèses. Ces modèles n'exigent pas de transformation et ont une meilleure capacité de détection des différences entre les groupes. De plus, dans l'examen du facteur de condition (page 12), il est déclaré que l'utilisation de variables calculées à partir de variables mesurées (comme des rapports) posait un problème et que, pour cette raison, les facteurs de condition n'ont pas fait l'objet d'une analyse statistique. Le même argument s'applique à d'autres variables. Une analyse indiquant si une transformation a été utile doit être présentée dans le rapport.

Pour réduire le nombre de tests statistiques employés, on devrait envisager d'inclure le sexe comme facteur dans une seule analyse. Par exemple, le facteur de condition a été remplacé par une analyse de covariance du log10(poids de la chair) avec le log10(longueur) comme covariable. Les méthodes statistiques qui utilisent les données originales avec le sexe comme facteur d'analyse doivent être envisagées.

L'abondance des œufs a été traitée dans une analyse de la covariance du log10(nombre d'œufs) avec le log10(poids du « egg plug »[1]) comme covariable. (Ce que les auteurs du rapport appellent « egg plug » serait l'échantillon gonadique prélevé pour le dénombrement des œufs.) Le nombre d'œufs doit être normalisé en fonction du poids du « egg plug », et les détails du protocole utilisé doivent figurer dans le rapport pour que l'on puisse s'assurer que c'est la même section de tissu gonadique qui a été prélevée sur toutes les moules. Le nombre d'œufs pourrait être normalisé pour correspondre à un poids du « egg plug » constant, et on pourrait supprimer la covariable.

L'analyse statistique présentée aux tableaux 3,8 et 3.9 est considérée comme une répétition du test de facteur de condition, mais à l'aide du poids des manteaux. Comme on peut le lire à la

[1] poids du « egg plug » = sous-échantillon de forme régulière d'une masse d'œufs prélevée au niveau du manteau chez la moule femelle pour estimer l'abondance totale de ses œufs.

page 9, la croissance de la coquille et celle des tissus ne sont pas directement reliées et peuvent se produire à différents moments de l'année. L'ajout d'une covariable de longueur apporte aux données une variabilité qui n'est pas nécessaire. L'établissement d'une relation entre le poids des gonades et le poids des tissus somatiques permet d'éviter que le délai entre la croissance de la coquille et celle des tissus n'influe pas sur l'IGS. Il faudrait également inclure une explication de la façon dont l'analyse tient compte de l'utilisation d'un seul lobe de manteau pour le dénombrement des œufs chez les femelles.

Présentation des résultats

L'IGS est habituellement exprimé comme le rapport entre le poids des tissus gonadiques et le poids du corps. Chez les moules, les gonades sont principalement contenues dans les lobes du manteau et, pour cette raison, le poids du manteau peut servir d'approximation du poids des gonades. Le texte indique que le poids sec du manteau et le poids corporel ont été utilisés dans le calcul de l'IGS; cependant, l'analyse indique l'IGS exprimé comme le poids du manteau. La figure 3.5 montre des valeurs log-transformées supérieures à zéro, et il semble que l'analyse ait porté sur le log10(poids sec du manteau) avec le log10(longueur) comme covariable, plutôt que sur le rapport entre . poids du manteau et le poids du corps. Comme les données ne sont pas présentées dans le rapport, il est difficile de savoir lesquelles ont été utilisées dans l'analyse, et la situation devrait être clarifiée dans les futurs rapports.

Étant donné l'incertitude entourant le taux de mortalité tout au long de l'étude, des méthodes additionnelles d'estimation de la survie doivent être envisagées. Le mandat recommande la détermination de la survie sans préciser l'utilisation de la méthode du délai de survie hors de l'eau décrite par Hellou et Law (2003). La réponse immunitaire est très sensible et elle représenterait le nombre de jours pendant lequel un animal peut rester en vie après avoir été retiré de l'eau et maintenu à une température constante. On s'attendrait alors à ce que les moules les plus stressées survivent le moins longtemps. La demande d'étude sur la survie a été interprétée comme une demande de dénombrement des moules vivantes à la fin de l'exposition, par rapport au nombre de moules placées dans les boudins.

Les moules ont présenté un taux de mortalité de 35 % au cours de la période de déploiement. Le fait de ne pas avoir établi les causes de mortalité a empêché l'analyse des différences entre les sites. Sans cette information, il est difficile de tirer des conclusions sur les écarts significatifs de croissance entre les sites. Le moment de la mortalité pendant le déploiement pourrait renseigner sur la période durant laquelle les différences de densité ont influé sur la croissance. Des écarts de mortalité peuvent avoir occasionné des différences de densité ayant eu une incidence sur le taux de croissance. L'inclusion de la densité comme variable doit être envisagée.

Deux échantillons composites distincts de moules provenant des neuf sites ont été utilisés pour les analyses chimiques des métaux et des contaminants organiques dans les moules. On a relevé des écarts significatifs entre les zones pour ce qui est du plomb et du cuivre, et des écarts significatifs entre les saisons pour ce qui est du cadmium, du cuivre, du mercure et du zinc. L'utilisation de plus d'un échantillon composite par site à la fois permettrait l'examen de l'écart lorsqu'il existe des différences saisonnières pour certains métaux. L'utilisation d'échantillons composites additionnels aiderait à déterminer si les écarts dans le temps étaient plus grands que les variations aléatoires entre les échantillons. Le fait de prélever plusieurs échantillons par site permettrait d'effectuer des analyses chimiques à la même échelle que le reste des données, et augmenterait grandement la capacité du test statistique à démontrer les écarts.

On suppose que les figures identifiées comme les moyennes des moindres carrés et montrant les écarts entre les sites présentent les résultats du test de Tukey plutôt que les données brutes. Cette information devrait figurer dans le titre de ces figures.

Les figures 3.1 et 3.3 sont toutes deux présentées comme présentant le facteur de condition; cependant, les valeurs de la figure 3.1 sont cent fois plus élevées que celles de la figure 3.3. Si le facteur de condition des figures 3.1 et 3.3 est calculé en $g/cm^3$ à partir des valeurs de longueur, de largeur, de hauteur et de poids frais (moules entières) tirées des tableaux 3.2 et 3.5, il devrait se situer entre 0,4 et 0,5. Il semble y avoir un problème d'échelle entre les deux figures, car le facteur de condition de la figure 3.1 se situe entre 4 et 5, et celui de la figure 3.3 se situe entre 0,04 et 0,05. Aucun résultat n'est présenté pour un test de comparaison multiple sur les données de novembre 2008, mais le test met en évidence des écarts statistiquement significatifs entre les sites. Cette comparaison devrait être présentée.

Lorsqu'il aborde la question des résultats du dénombrement des œufs des moules en 2009, l'auteur affirme que les femelles du site 5 ont produit moins d'œufs (p. 11), mais il n'indique pas si l'écart noté est statistiquement significatif.

## Conclusions

En général, le programme d'échantillonnage est bien conçu et le rapport de l'étude fournit des renseignements de base valables pour une future surveillance. Un certain nombre d'améliorations pourraient toutefois être apportées au rapport. L'utilisation de meilleures méthodes d'analyse statistique, la justification de l'emplacement des sites et de l'information sur les conditions du site (incluant les courants, les lieux de rejet d'effluents et la circulation dans le port) rehausseraient la qualité du rapport. L'intégration de cette information, avec d'autres renseignements sur le contexte et la surveillance, est importante, car les causes des différences observées ne peuvent être déterminées qu'en fonction du contexte. Les résultats de l'étude doivent être intégrés aux résultats des autres programmes de surveillance de base pour déterminer l'état général de l'aire d'étude avant les travaux de construction.

## Références

Hellou, J. et R.J. Law. 2003. Stress on stress response of wild mussels, *Mytilus edulis* and *Mytilus trossulus,* as an indicator of ecosystem health. Environmental Pollution. 126(3) : 407-416.

## Collaborateurs

| *Nom* | *Affiliation* |
|---|---|
| L. Bennett | secteur des Sciences de la Région des Maritimes du MPO |
| J. Hellou | secteur des Sciences de la Région des Maritimes du MPO |
| D. Roddick | secteur des Sciences de la Région des Maritimes du MPO |
| J. Walmsley | Division de la gestion côtière et des océans de la Région des Maritimes du MPO |

## Approuvé par

Tom Sephton
Directeur régional intérimaire, secteur des Sciences
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
902-244-6080

Date : 9 mars 2010

## Ce rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques
Région des Maritimes
Ministère des Pêches et des Océans
C. P. 1006, succ. B203
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Canada B2Y 4A2

Numéro de téléphone : 902-426-7070
Téléc. : 902-426-5435
Adresse de courriel : XMARMRAP@mar.dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas

ISSN 1919-3793 (imprimé)
ISSN 1919-3815 (en ligne)
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2010

*An English version is available upon request at the above address.*

## LA PRÉSENTE PUBLICATION DOIT ÊTRE CITÉE COMME SUIT :

MPO. 2010. Examen scientifique d'une étude sur les mollusques bivalves élevés en cage avant les travaux de construction pour le Marine Baseline Monitoring Program dans le port de Sydney, en Nouvelle-Écosse. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2010/007.